

La simulation numérique au service des composites

Environ 50 % de la masse totale (hors moteurs) du Boeing 787 Dreamliner est due aux composites !

Aéronautique, automobile, nautisme, éolien, électrotechnique... la liste des secteurs s'intéressant aux matériaux composites s'allonge. La simulation numérique dans ce secteur se développe, poussée principalement par les fabricants de pièces de structure qui souhaitent optimiser leurs produits.

Les matériaux composites sont à la mode. Et le succès du récent salon parisien JEC Composites Show le démontre clairement. Il faut dire que tout concourt à leur succès, au moins d'estime vu le coût de leur mise en œuvre pour certains d'entre eux. Pression écologique vis-à-vis de la consommation des moyens de transport, raréfaction et envolée du prix des carburants, exigences redoublées en matière de performance ou de sécurité de certains produits, etc. Or, les matériaux composites présentent de nombreux atouts par rapport aux matériaux traditionnels comme les métaux. Plus légers, plus résistants mécaniquement et chimiquement, ils offrent

également une bonne isolation thermique, phonique voire, pour certains, électrique. Pour les concepteurs, c'est une source nouvelle d'innovation, tant pour la création de pièces de structure que pour des pièces complexes combinant plusieurs fonctions.

Un matériau pas comme les autres...

Mais qu'est-ce qu'un matériau composite ? Par définition, il s'agit d'un alliage ou d'une matière composée d'une ossature (le renfort), qui assure la tenue mécanique, et d'une matrice qui est généralement une matière plastique (résine thermoplastique ou

thermodurcissable). Celle-ci assure la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort. Contrairement au métal par exemple, dont on connaît à l'avance les caractéristiques mécaniques, celles des composites ne sont réellement connues qu'après fabrication, puisqu'on réalise en même temps le matériau et le produit. Par ailleurs, ces caractéristiques ne sont pas homogènes selon la direction des efforts : c'est l'anisotropie propre aux matériaux fibreux. La résistance mécanique sera donc très dépendante du processus de fabrication et notamment de la superposition et de l'orientation des fibres dans la pièce.

Il existe aujourd'hui un grand nombre de matériaux composites, à matrice organique (les plus employés en volume), à matrice céramique ou encore à matrice métallique.. Les composites dits de grande diffusion sont généralement des résines polyesters armées de fibres de verre et sont employées dans l'industrie automobile. Si une voiture moderne est constituée à 75 % de métaux, le reste regroupe en effet des matériaux minéraux et organiques. Les matériaux organiques composites à matrices thermoplastiques ou thermodurcissables renforcées par des fibres, généralement de verre, courtes ou longues ont fait leur apparition dans l'automobile durant

les années 60-70. Dans le cas des pièces de grande diffusion, on utilise des fibres courtes noyées dans la résine. Ce qui signifie que l'anisotropie du matériau est nulle ou négligée. Leur taux d'utilisation ne dépasse pas 10 à 15 % selon les véhicules actuellement, mais on peut prévoir leur augmentation régulière dans les années à venir.

La seconde famille de composites à laquelle nous nous intéressons dans ce dossier est dite de haute performance. D'un coût plus élevé, ils sont principalement employés dans le secteur de l'aéronautique/défense, où leurs avantages de légèreté et de résistances sont mis à contribution au sein de pièces structurales. Leur utilisation n'est pas nouvelle. Il y a déjà plusieurs années, Eurocopter a par exemple opté pour une structure faisant largement appel aux composites pour ses hélicoptères Tigre et NH90. Plus médiatique, le Boeing 787 Dreamliner qui devrait bientôt faire son premier vol, voit 50 % de sa masse totale (hors moteurs) due aux composites ! Ce type de matériau trouve également des débouchés sur le marché automobile. Mais dans ce cas, il est réservé aux modèles de luxe ou aux Formule 1. Les écuries de course sont en effet très en pointe sur les composites hautes performances à base de fibres de carbone, de kevlar ou de verre. Elles les utilisent à la fois pour des éléments de structure, mais également pour une large variété d'équipements, depuis les systèmes de freinage

jusqu'au volant en passant par la carrosserie.

D'autres secteurs d'activité ont su saisir les avantages des technologies composites et les mettent aujourd'hui largement à profit. Citons notamment le nautisme, les fabricants d'éoliennes, d'éléments électromécaniques, mais également d'équipements sportifs pour les sports de glisse ou à haute technicité.

utilise une résine thermosable injectée à basse pression à travers un renfort placé sous forme de nappes successives dans un moule fermé. Il permet de produire des pièces de formes sophistiquées, même si sa mise en œuvre reste complexe. Selon Olivier Guillermin, directeur produit et stratégie de l'éditeur américain Vistagy : « *les process faisant appel*

aux ingénieurs devant concevoir, puis réaliser des pièces en composite. Que peut-on simuler ? Comme pour les pièces métalliques, d'une part la résistance de la structure aux sollicitations de son contexte fonctionnel, mais également le processus de fabrication de la pièce et les contraintes qui lui sont liées.

Mais avant toute simulation, il s'agit de concevoir



Désormais, d'autres secteurs que l'aéronautique s'intéressent aux performances de rigidité et de légèreté des matériaux composites.

Les techniques de fabrication des matériaux composites sont très nombreuses. Le procédé Liquid Composite Molding (LCM) par exemple regroupe de nombreux modes opératoires désignés par leurs acronymes (RTM, VARTM, RTM Ligt, Vari...), même chose pour le Tranfert/Infusion (CRTM, LRI) et l'Infusion (RFI, Semi-preg). Cette dernière technique consiste à placer un film de résine sous une préforme sèche dans un moule, puis à comprimer l'ensemble. Procédé répandu, le moulage par injection de résine (RTM)

au drapage de fibres sont les plus employés actuellement. Handicap principal, la mise en œuvre manuelle de la plupart de ces procédés est peu adaptée aux forts volumes industriels et soumis à la variabilité. Il est donc clair que l'avenir est à l'automatisation, qui arrive notamment avec des robots de dépose de fils par exemple ».

L'intérêt du numérique

On le comprend assez vite la simulation numérique peut apporter une aide précieuse

les pièces. Et là, on ne peut se contenter d'outils CAO classiques. Car ces pièces en matériaux composites ne sont pas seulement définies par leur enveloppe extérieure, comme c'est le cas des pièces métalliques, mais également par leur constitution interne. Car les efforts qu'elles subissent ont un impact direct sur leur structure interne. De plus, cette structure présente une anisotropie dont le concepteur doit tenir compte lors de son projet. Ainsi, Dassault Systèmes, PTC, ou Siemens PLM Software ont tous à leur catalogue des solutions



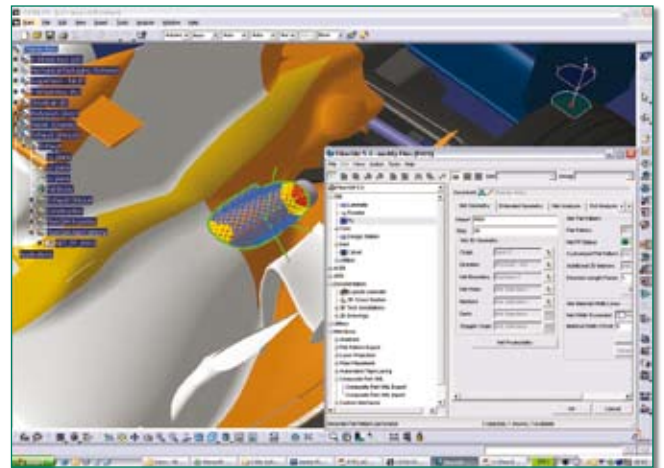
L'avenir des process de fabrication de pièces composites passe par l'automatisation de tâches majoritairement manuelles aujourd'hui.

« métier composite ». Elles permettent de dessiner la pièce à partir de sa forme extérieure, d'en préciser les différentes épaisseurs, les renforts, l'orientation des fibres, etc. Cette modélisation permet d'établir un pré-dimensionnement de la pièce avant qu'elle soit analysée plus précisément par des codes de calcul adaptés.

L'éditeur américain Vistagy est allé plus loin et propose un atelier complet de modélisation : FiberSim, qui gère les techniques de drapage, de bobinage, la dépose automatique de fibre par machine, etc. Cet environnement de CAO couvre la définition des pièces (choix des matériaux, orientation des plis, darting, splicing...) leur assemblage, ainsi que les textiles techniques. La gamme comporte également des modules métiers

répondant spécifiquement aux normes du secteur aéronautique. Concurrent par certains aspects à Dassault Systèmes, Vistagy est également partenaire, puisqu'il propose sa solution FiberSim intégrée à l'environnement Catia V5. Il travaille également dans le même sens avec PTC et Siemens PLM Software. Il a par ailleurs signé un partenariat avec MSC Software pour développer une solution globale conception-calcul. Cette offre s'appuiera d'une part sur le logiciel FiberSim pour concevoir des structures composites et partager des données de définition non géométrique, et d'autre part sur le logiciel SimXpert de MSC Software, un environnement de simulation multidisciplinaire. Cette volonté de lier la conception au calcul est déjà ancienne. Comme l'explique Olivier Guillermin : « il existe des

interfaces avec les logiciels de calcul de structure depuis plus de 10 ans. Avec Patran Laminate Modeler de MSC Software mais égale-



Intégré entre autres à l'environnement Catia V5, FiberSim se positionne comme un atelier complet de modélisation détaillé des pièces composites.

ment les codes généralistes comme Ansys, Femap ou HyperWorks d'Altair. L'objectif est de récupérer les informations telles que l'orientation, l'épaisseur des fibres et leur longueur

minimum pour tenir compte de la déformation de la pièce inévitable lors de sa fabrication. Notre partenariat avec MSC Software permettra ainsi de positionner FiberSim comme « l'atelier composite » de l'outil Sim Enterprise pour la définition des pièces en composite. »

Découvert à l'occasion du salon JEC 2008, l'éditeur anglais Anaglyph a développé un outil métier similaire baptisé Laminate Tools. Son objectif est de faciliter la conception détaillée du drapage de pièces composites (nombre de plis, longueur et orientation de chaque pli, renfort, etc.). Il complète ce logiciel de PlyMatch, un système original d'aide visuelle au placement manuel des plis. La « scène d'assemblage » (moule, pli en cours, mains

de l'opérateur) est filmée par une caméra vidéo en temps réel. Elle s'affiche à l'écran avec, en surexposition, la disposition correcte de la pièce à réaliser. L'opérateur n'a qu'à placer le pli

de telle sorte que son image coïncide avec l'image à l'écran. C'est une aide à la fabrication dont le coût est accessible aux PMI. Il allie flexibilité et facilité d'emploi et utilise directement les données d'un logiciel de CAO ou du logiciel Laminate Tools d'Anaglyph.

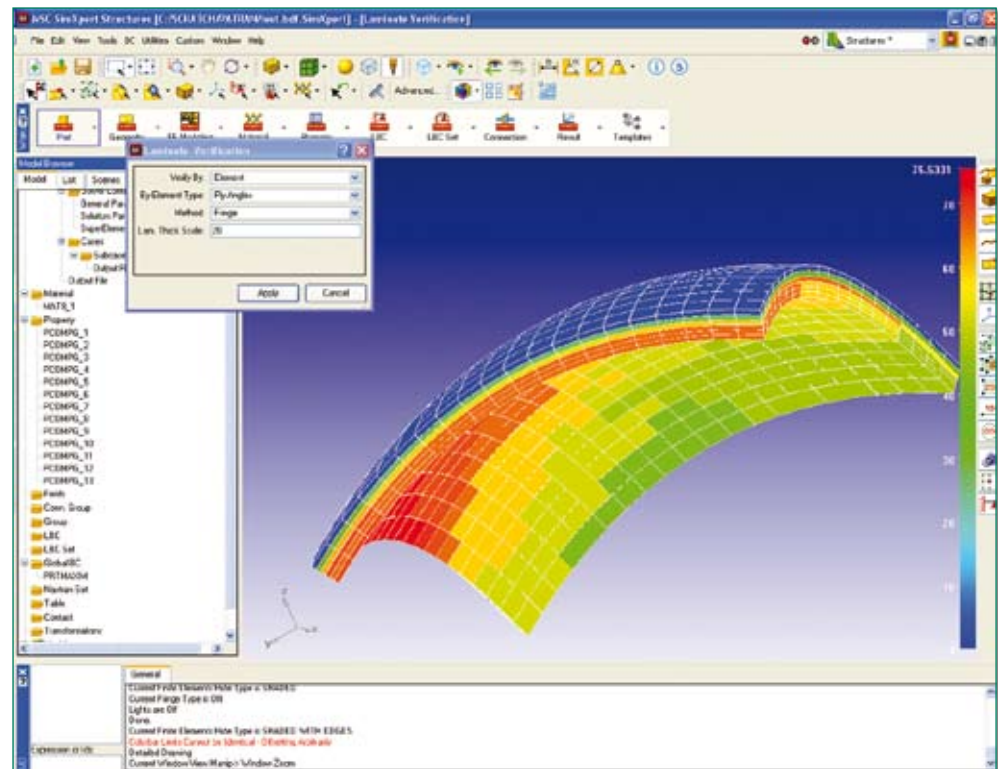
Vers l'intégration calcul-modélisation

Après modélisation détaillée de la géométrie composite, l'opération suivante consiste donc à son analyse structurelle spécifique. Celle-ci peut être statique, dynamique, linéaire ou non, selon les conditions de travail de l'ensemble. La majorité des codes de calcul de structure du commerce gèrent les matériaux composites. Certains éditeurs ont développé des modules spécifiques pour définir les pièces et prédire leurs endommagements très particuliers comme la délamination ou la fissuration à l'occasion d'un choc, d'une torsion ou simplement à la fatigue. MSC Software, par exemple, propose depuis 1994 un outil baptisé Laminate Modeler particulièrement employé par les écuries de Formule 1, mais également l'industrie du nautisme. Franck Martin architecte naval travaillant pour Mecaplast, un fabricant de coques de bateaux de compétition et de pièces composites : « les composites sont désormais indispensables dans notre secteur d'activité ; ils apportent légèreté et performance. Un outil comme Patran Lami-

nate Modeler nous permet d'optimiser le drapage et de valider la tenue de notre pièce, sans avoir à faire des calculs plis après plis. Ce sont des jours gagnés et un gain important en termes de fiabilité des pièces. Ces solutions nous ont par exem-

ple SimEnterprise, qui repose sur son code de calcul MD Nastran, peut être complétée du module spécialisé Genoa développé par la société Alphastar. Cette suite logicielle donne des informations précises sur d'éventuelles amorces de

Samtech a également développé un environnement complet pour l'analyse par éléments finis de pièces en composite. Samcef For Composites associe une librairie de matériaux pour modéliser les laminés, les nids d'abeille, les



MSC Software couvre aujourd'hui la globalité du processus de définition et d'analyse structurelle des pièces composites.

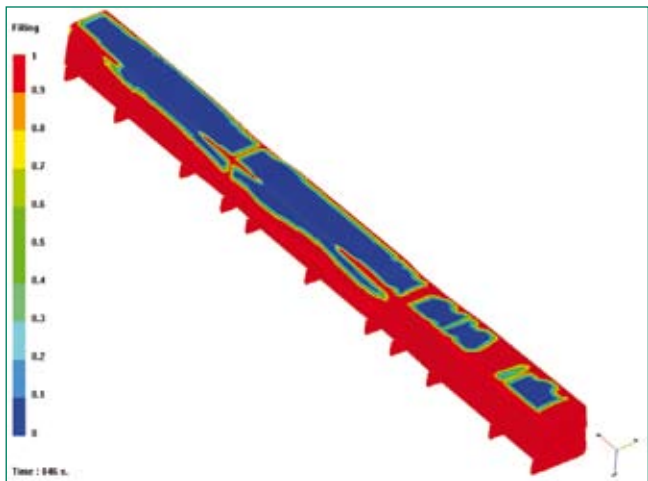
ple permis de progresser sur la modélisation des âmes des structures composites. Auparavant, nous supposions qu'il n'existait pas de déformation sur l'axe Z. Désormais, les logiciels permettent de l'évaluer finement. Bien sûr, des progrès restent à faire sur les outils de calcul, comme la prise en compte de la fatigue des pièces. Mais leur apport est indéniable. »

MSC Software couvre la globalité de la définition des pièces et de leur analyse structurelle. Sa plate-forme

rupture, sur leur propagation, mais également sur la délamination et les ruptures complètes de tout type de pièces en composite, laminé, bobiné ou tressé. Genoa permet de comprendre le comportement d'un matériau et son éventuel endommagement en mode statique, dynamique, choc thermique, impact, ou encore sa réponse à la fatigue.

Editeur belge particulièrement implanté dans l'industrie aéronautique, puisqu'il est référencé chez Airbus,

mousses... des algorithmes de calcul linéaire et non linéaire, à des modèles de délaminage et de rupture progressive des matériaux fibres/matrices. Cette solution autorise une large palette d'analyse : thermo mécanique, statique linéaire et non-linéaire, analyse modale (vibratoire et flambement), analyse dynamique transitoire et dynamique des rotors. Elle intègre un environnement de pré et post-traitement pour la modélisation des pièces laminées, et la visualisation des résultats.



La version 2008 de Pam-RTM d'ESI Group adopte une nouvelle technique pour simuler l'injection de pièces de grandes épaisseurs sans recourir aux éléments tétraédriques standards.

On peut également citer l'éditeur Altair qui a intégré dans son logiciel de calcul HyperWorks, les éléments mathématiques permettant la gestion des pièces composites. L'entreprise cite l'exemple de son client Luna Rossa Challenge qui a employé sa solution en 2007 pour optimiser toutes les parties en composite de son bateau qui participe à l'America Cup. Andrea Aвалиdi, de l'équipe de conception du bateau : « sur quelques composants, nous avons atteint une réduction de poids de plus de 15 % par rapport à la conception initiale tout en maintenant nos objectifs de rigidité et de contrainte ».

ESI Group, spécialisé depuis plusieurs années sur la simulation de la déformation des matériaux, propose lui aussi plusieurs outils pour le secteur composite. Sysply est un environnement métier pour concevoir, analyser et optimiser ce type de pièce. Il s'agit d'un

solveur éléments finis similaire aux outils type Abaqus ou Nastran mais orienté composite et pouvant être lié directement à une seconde solution de simulation process. Patrick De Luca, responsable du Centre d'Excellence Composite : « Sysply permet d'obtenir rapidement les propriétés de pièces laminées, de déterminer le décalage des nappes de fibres, de calculer les renforts. Il est possible d'aller plus loin et d'utiliser notre solution Pam RTM pour affiner l'analyse en tenant compte du procédé de fabrication. Mais il faut avouer que la

démarche n'est pas encore répandue. La plupart des industriels restent dans le domaine mécanique et utilisent une approche stochastique en introduisant des défauts, des variables et au final une marge de sécurité pour couvrir l'impact du process de fabrication sur la tenue de la pièce. Pourtant, la fabrication d'une pièce composite repose sur divers procédés et met en jeu de nombreuses variables qui peuvent avoir une incidence majeure sur la géométrie de l'objet ou de l'assemblage. Sans compter les coûts prohibitifs que peuvent atteindre les outillages. La maîtrise du process à travers sa simulation peut donc engendrer des économies non négligeables de temps, de matériaux, d'immobilisation d'équipements de production, etc. La difficulté est sans doute l'appropriation par les entreprises de la méthodologie de simulation de process. »

Le portfolio de l'éditeur comporte aussi Pam-Crash, l'un des plus anciens outils de la gamme, pour simuler la déformation de structures soumises à un choc. Il peut être utilisé pour des

pièces métalliques ou non, pour étudier l'absorption d'énergie dans la structure déformée, l'impact sur les occupants d'un véhicule... Enfin, Pam-Form, un outil de simulation du formage de matériaux non métalliques gère entre autres le drapage manuel, le thermo formage, la pultrusion, le formage par vessie ou encore des techniques de tissage.

Notons qu'ESI Group devrait lancer dans les mois qui viennent un outil spécifique pour gérer les données de calcul particulièrement adapté aux matériaux composites. Multi-domaines (mécanique, formage, acoustique...), il permettra de tenir compte de manière précise des caractéristiques matériaux, de leur structure et du procédé utilisé à leur fabrication, contrairement aux systèmes disponibles sur le marché, qui ne sont adaptés qu'aux métaux. Cette solution permettra de centraliser les données issues de la conception et de la fabrication afin de faciliter les opérations de simulation. Elle sera complétée d'un module type boîte à outils permettant de sélectionner les résultats de

Le tissu, élément essentiel des composites

Le spécialiste français Lectra des logiciels et équipements de CFAO pour le marché des textiles est lui aussi impliqué dans le domaine des composites. Il propose DesignConcept Tech-Tex, un logiciel pour les fabricants de produits à partir de tissus industriels et notamment de carbone pré-imprégné, de fibre de verre, nid d'abeille, etc. Cet outil permet de récupérer le modèle 3D, de mettre à plat la forme gauche et d'optimiser la découpe des nappes de matériaux de renforts en tenant compte des caractéristiques propres à la matière choisie. Particulièrement adapté aux PME confrontées à la découpe de patrons de pièces complexes (système de filtration aéronautique, club de golf, cadre de vélo, ski...).

Premiers pas vers le composite

Le Pôle de Plasturgie de l'Est présentait à l'occasion du salon JEC Composites Show la version 2 de son logiciel RTM Process d'aide à la décision. L'objectif de ce logiciel destiné au non-spécialiste de la fabrication des pièces composites est de répondre successivement au pré-dimensionnement mécanique de la pièce, à la simulation de sa fabrication par technique RTM, au choix du process (RTM light, RTM lourd, infusion ou compression), au dimensionnement de l'outillage correspondant, enfin à l'approche technico-économique du projet. L'ensemble est complété d'une base de données matériaux regroupant les produits issus d'une quinzaine de producteurs. Orienté PME, RTM 2 est particulièrement simple à mettre en œuvre. L'opérateur rentre les caractéristiques principales de son projet (surface pièce, épaisseur, importance des renforts, etc.) et obtient rapidement une orientation quant à la solution la plus adaptée à sa réalisation.

calcul issus de la modélisation du process afin de les réinjecter dans le calcul de structure et donc d'affiner la simulation comportementale de la pièce.

Citons pour finir le lauréat du concours annuel organisé par le salon JEC Composites 2008 pour récompenser l'innovation : le logiciel Precimould. Issue d'un partenariat entre le fabricant Advanced Composite et les sociétés FEA, BAE Systems et Bombardier, cette application a pour objectif de faciliter la conception des moules de production de pièces composite. Precimould s'intègre dans le code de calcul proposé par l'éditeur anglais Lusas afin de prédire les déformations que la pièce subie lors de sa fabrication. Le concepteur peut ainsi dessi-

ner une surface d'outil au plus près de la forme finale souhaitée.

Des progrès restent à faire

Le secteur des composites est en pleine évolution. Les outils de modélisation et de calcul le sont donc aussi. Le process de production influence directement sur les dimensions finales des pièces, ainsi

Precimould est une application permettant de dessiner une surface d'outil au plus près de la forme finale souhaitée pour la pièce en composite.

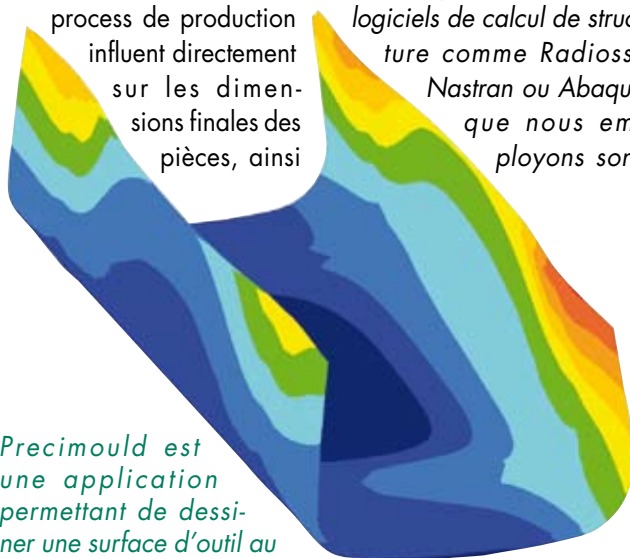
que sur leur tenue mécanique. Il est donc logique que les utilisateurs et les éditeurs travaillent pour intégrer les outils de calcul et de modélisation géométrique au sein d'une même plate-forme. Les premières marches de cette tendance se dessinent à travers les accords mis en place par exemple entre Vistagy, ESI Group et MSC Software. Pour Patrick De Luca d'ESI Group, « les limites de la simulation reposent encore principalement sur l'intégration et le chaînage des étapes de design et d'analyse. Mais c'est plus son aspect méthodologique que technique qui pose des difficultés aux professionnels. De notre côté, nous travaillons à l'intégration de Sysply au sein de Pam-Crash. Cela permettra par exemple de prendre en compte dans un calcul de crash des pré-contraintes d'un ensemble en composite. »

Romuald Fallet, Responsable activités simulation de Segula Engineering reste de son côté plus réservé : « les logiciels de calcul de structure comme Radioss, Nastran ou Abaqus que nous employons sont

parfaitement en mesure de modéliser les comportements mécaniques des matériaux composites que nous étudions. Il reste cependant du travail à faire pour modéliser plus finement le délaminage sur les grands panneaux, mais également la tenue en fatigue. Phénomènes pour lesquels les industriels se couvrent avec une marge de sécurité.

De notre côté, nous travaillons sur les matériaux eux-mêmes pour déterminer leur capacité d'absorption énergétique lors du délaminage d'une pièce en cas de crash notamment.

Mais d'une manière générale, c'est du côté méthodologique qu'il s'agit d'être attentif. Pour que l'analyse offre une valeur prédictive réelle, il faut tenir compte également des aléas possibles générés par la variabilité des process de fabrication, utiliser des données matériaux précises pour comprendre leur comportement selon toutes les directions. Une éventuelle campagne d'essais permettra également de contrôler ces aléas et d'utiliser des minimas... Dans le cas de matériaux nouveaux, il est important de maîtriser la qualification qui en a été faite et d'adopter une marge pour tenir compte des aléas process. On peut aussi mener une étude de sensibilité en créant artificiellement des défauts (un manque de résine par exemple) et en analyser l'impact sur la tenue structurelle de la pièce. Mais ce raffinement est plutôt réservé aux pièces et ensembles complexes. ■



Quand les composites volent...



L'aéronautique est le secteur qui emploie le plus les composites high-tech. Ici le tronçon central de l'A380.

L'aéronautique est le secteur qui utilise le plus de matériaux composites high-tech. Une visite de l'usine nantaise d'Airbus suffit pour s'en convaincre.

Les composites, le site nantais d'Airbus connaît. L'usine concentre en effet tout ce qu'un avion ou presque peut comporter en matériaux composites. Citons en vrac : le caisson central de voilure (tous Airbus confondus y compris l'A400M), les poutres ventrales des A340-500/600 et bientôt de l'A350XWB, les entrées d'air des A340-500/600 et A380 ou encore les ailerons (parties mobiles de voilures) des A330/340 et A380. Il s'agit de pièces de structure de plusieurs dizaines de mètres pour certaines d'entre elles. Elles permettent de diminuer la masse volante, donc d'économiser le kérosène, mais dans certains cas d'améliorer la performance globale de l'appareil. Comme son concurrent Boeing, l'avionneur européen a donc largement investi en la matière. Près de 30 % de la masse totale (hors moteurs) de

l'A380 est due aux composites. Un chiffre qui monte à 50 % pour l'A350XWB qui devrait faire son premier vol en 2011 !

Les essais physiques ? Indispensables...

Logiquement, les bureaux de développement d'Airbus réalisent de nombreux essais physiques pour caractériser les matériaux, alimenter et valider les modèles de simulation mais également répondre aux demandes des organismes certificateurs. Chargements statiques, essais de fatigue, tests de rupture... sont indispensables dans ce secteur d'activité où les marges de sécurité ne peuvent être rognées, mais où le poids est l'ennemi. Pascal Dublineau, Airbus, Responsable Technologies – Moyens Industriels à Nantes : « Malgré les avan-

cées importantes du calcul numérique, il est impossible aujourd'hui de se passer des tests sur banc. Ne serait-ce que par les limitations des lois de comportement adoptées par les logiciels de calcul : particulièrement précises sur des modèles locaux, elles sont inutilisables à l'échelle d'un avion complet ! Et d'une manière générale, chaque nouvelle gamme d'appareils signifie une multitude d'innovations techniques, tant sur les matériaux que sur leur mise en forme. Il y a donc en permanence une avance technique de notre industrie sur les modèles mathématiques disponibles dans les logiciels de calcul. ». Patrick Guérin, Responsable CFAO et métiers de la préparation à Nantes souligne l'implication d'Airbus dans ce domaine : « Nous collaborons d'ailleurs avec les laboratoires de recherche et les éditeurs afin de

favoriser le développement de modèles numériques répondant à nos spécifications. Nous avons par exemple spécifié PAM RTM qui est un outil d'aide à la conception des moules RTM interfacé avec Catia. » Il reste de toute manière encore un décalage entre la technologie des matériaux composites et les outils numériques permettant de simuler leur mise en œuvre. C'est logique, il s'agit de



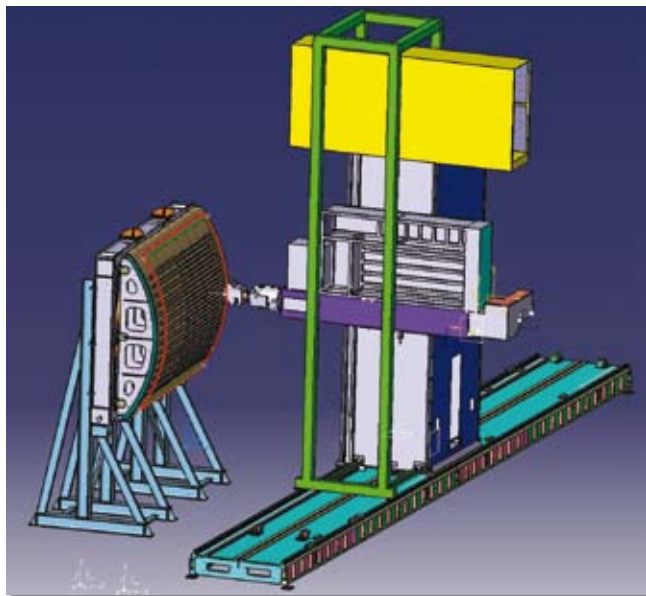
Pascal Dublineau : « Malgré les avancées importantes du calcul numérique, il est impossible aujourd'hui de se passer des tests sur banc. »

procédés de niche. Même si la niche est d'importance, les éditeurs ne sont pas forcément chauds pour investir dans le développement de logiciels peu rentables en termes de volume de vente...

...et complémentaires du numérique

Mais le calcul numérique est cependant largement utilisé, sur le site de Nantes, notamment pour l'aspect process. « Complémentaire aux tests réels, la simulation numérique nous permet de mieux comprendre les phénomènes intervenant dans la fabrication de pièces composites et donc d'accélérer le processus d'industrialisation. En quelques années, nous sommes passés de pièces simples de type panneaux, à des formes complexes, non développables et de grande dimension » souligne Pascal Dublineau.

La simulation process intervient très tôt dans le cycle de lancement d'un avion comme l'A350. Des calculs de faisabilité sont amorcés très en amont dans le processus d'industrialisation, parallèlement aux choix des matériaux, aux premières définitions géométriques des tronçons et aux calculs initiaux de dimensionnement. Pour Patrick Guérin « cette modélisation nous permet d'optimiser les moyens industriels de production et notamment de détecter au plus tôt des impasses techniques. Des logiciels spécifiques comme Mecamaster nous permet-



Le process est un aspect majeur de la simulation numérique des composites. Exemple de simulation d'une application de placement de fibres composites.

tent d'autre part d'affiner le tolérancement des pièces et donc de progresser en termes de robustesse et de répétabilité des méthodologies de production. Les retombées positives sont difficilement quantifiables sur des projets comme un avion de ligne. Mais elles sont incontestables et touchent la qualité globale des produits, la diminution des temps de cycle, la possibilité de dimensionner au plus juste les moyens d'assemblage, de fabrication, de contrôle... Et donc les coûts directs, puisque nous maîtrisons davantage



Valérie Donal : « le véritable challenge que doit relever la simulation de process aujourd'hui, c'est favoriser l'automatisation des opérations de mise en forme des matériaux composites. »

la mise en œuvre des matériaux, et évitons des écarts entre le spécifié et le fabriqué lors de l'assemblage des pièces par exemple. »

Une technologie en pleine évolution

Airbus s'appuie sur la division Innovation Works d'EADS qui travaille, entre autres, sur l'aspect calcul de résistance des structures, simulation des process de fabrication, développement de technologies de mise en œuvre et automatisation des opérations d'assemblage notamment autour des matériaux thermoplastiques. Environ 25 personnes se consacrent à la modélisation des process et à leur mise en œuvre, contre une vingtaine pour le calcul de structure. Une part de ces effectifs devrait d'ailleurs se retrouver au sein du Techno'Campus EMC2 à Nantes pour favoriser le transfert de technologies vers les usines Airbus de Nantes et Saint-Nazaire, ces dernières assurant un transfert de compétences vers les sous-traitants

et partenaires industriels. Cette valorisation du savoir-faire Airbus vers ses partenaires et sous-traitants est une démarche stratégique affichée. Valérie Donal, EADS Innovation Works, Responsable Techno'Campus : « Nous devons grandir ensemble et maintenir un niveau de compétence locale au plus haut. Ceci pour rester compétitif et référent sur notre cœur de métier et ainsi, rompre avec l'idée d'une possible logique de délocalisation. » EADS IW travaille actuellement sur la modélisation de procédés nouveaux comme le LRI (Liquid Resin Infusion). Il s'agit d'une technologie émergente, plus facile à mettre en œuvre que la technologie RTM et permettant de tenir des tolérances géométriques plus serrées. Certaines pièces de l'A380 ont d'ailleurs été réalisées avec ce procédé. Valérie Donal : « Mais clairement, le véritable challenge que doit relever la simulation de process aujourd'hui, c'est favoriser l'automatisation des opérations de mise en forme des matériaux composites notamment pour les thermoplastiques qui peuvent être soudés. » Et puis en interne, Airbus doit encore harmoniser ses outils et fédérer ses diverses activités jusqu'à maintenant satellisées. Cette standardisation passe notamment par le projet Phénix, qui vise l'harmonisation du PLM (Product Life Management) dans la totalité du groupe EADS dont nous avons déjà parlé dans nos colonnes. ■